

AC

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-284913

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl.

B60L 11/14
B60K 1/04
B60K 6/00
B60K 8/00
H02J 7/00

(21)Application number : 08-089099

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 11.04.1996

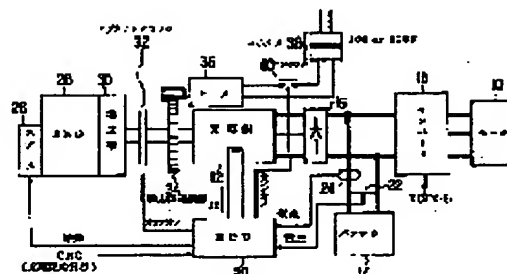
(72)Inventor : KAWASHIMA YOSHIHIRO

(54) HYBRID VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the need of mounting a large-size and heavy charger.

SOLUTION: A motor 36 which can be driven by a household or commercial power supply is installed and a generator 12 is driven by the output of the motor 36 to charge a battery 14. When driving the generator 12 by the motor 36, a magnet clutch 32 is turned off to cancel a mechanical connection between an engine 28 and the generator 12 and hence to prevent the engine 28 from acting as a load of the motor 36. Or, by decompressing the engine 28, the same condition is generated.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

AC

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-284913

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 6 0 L 11/14			B 6 0 L 11/14	
B 6 0 K 1/04			B 6 0 K 1/04	Z
6/00			H 0 2 J 7/00	P
8/00			B 6 0 K 9/00	Z
H 0 2 J 7/00				

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平8-89099

(22) 出願日 平成8年(1996)4月11日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 川島 由浩

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

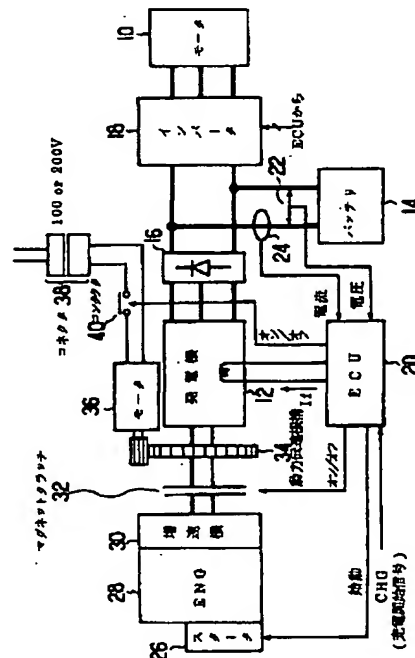
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 ハイブリッド自動車

(57) 【要約】

【課題】 大型かつ重量の充電器を搭載する必要をなくす。

【解決手段】 家庭用又は商用電源にて駆動可能なモータ36を設け、モータ36の出力にて発電機12を駆動しバッテリー14を充電する。モータ36にて発電機12を駆動するときにはマグネットクラッチ32をオフすることによりエンジン28と発電機12の機械的な連結を解消し、エンジン28がモータ36の負荷となることを防ぐ。あるいは、エンジン28をデコンプすることにより同様の状態を生成する。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 動力を発生させるエンジン、動力供給に応じ発電する発電機、及び発電機から得られる電力にて充電されるバッテリーを搭載するハイブリッド自動車において、発電機に動力を供給する充電用モータと、要求に応じかつ車外からの電力を利用して充電用モータを駆動させる手段と、を搭載することを特徴とするハイブリッド自動車。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジン、発電機及びバッテリーを搭載するハイブリッド自動車に関する。

【0002】

【従来の技術】エンジン出力にて推進される在来の車両に更に補助的な回転電機を付加したものや、モータ出力にて推進される電気自動車にバッテリーの他に第2の電力源（例えばエンジン駆動発電機）を付加したものは、在来のエンジン車両と純粋な電気自動車とを複合（ハイブリッド）させた車両という意味で、ハイブリッド自動車と呼ばれる。特開平7-95703号には、ハイブリッド自動車のうち、SHV（Series Hybrid Vehicle）と呼ばれる車両の一例が示されている。この公報に記載のSHVでは、エンジンからの動力にて発電機を駆動し、発電機の出力にて車両走行用モータを駆動し、車両走行用モータに供給すべき電力に対する発電機出力の過不足分をバッテリー（例えば鉛電池等の二次電池）にて賄う、というシステム構成が採用されている。また、バッテリーの放電出力にて車両走行用モータを駆動する純粋な電気自動車では、車両走行に伴いバッテリーがいずれ放電してしまい、外部電源による充電が必要になる。これに対し、上掲公報に記載のSHVでは、バッテリーの充電状態（SOC）が所定範囲内にとどまるよう、当該SOCに応じた発電機の出力を制御している。従って、純粋な電気自動車に比べ外部電源による充電の頻度が低くなり、かつバッテリーの寿命が長くなる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上述のSHVのようにバッテリー以外の電力源を搭載するハイブリッド自動車では、原理上は外部電源による充電を全廃できるはずであるが、実際には、多くの二次電池にはいわゆる均等充電やリフレッシュ充電が必要であるため、全廃は困難である。即ち、2週間～1か月に1度といった低頻度ではあるものの、バッテリーを均等充電あるいはリフレッシュ充電する操作を外部電源から電力の供給を受け実行せざるを得ない。更に、バッテリーを外部電源の出力にて充電するには、バッテリーの充電に使用できるよう当該外部電源出力を電力変換（例えば変圧・整流等）しなければならない。従って電力変換機能を備えた充電器を車両に搭載しなければならない。この充電器は、一般に、コアを多く内蔵しているため大型かつ重量である。なお、ここでい

う均等充電とは、同時使用される複数のバッテリー間の充電受入性の相違により生じるSOCのばらつきを解消するための充電であり、リフレッシュ充電とは、浅い放電のくり返しによる硫酸鉛等の極板付着ひいてはサルフェーションが生じることを防ぐための充電である（鉛電池の例。他の電池も同様）。

【0004】本発明の目的の一つは、充電器を廃止することにより、車両内のスペース利用状況を改善しかつ車両を軽量化することにある。本発明の目的の一つは、充電用モータの追加により、充電器非搭載にもかかわらず均等充電やリフレッシュ充電を実行できるようにすることにある。

【0005】本発明の目的の一つは、追加した充電用モータを用いて、バッテリーの充電の他、付加的な機能を実現することにある。本発明の目的の一つは、充電用モータと発電機とを一体化させることにより、小形な装置を実現することにある。本発明の目的の一つは、充電用モータから発電機に至る動力伝達機構の工夫あるいはエンジンの弁の制御により、エンジンが充電用モータの負荷にならずまた充電用モータがエンジンの負荷にならないようにすることにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、本発明は、動力を発生させるエンジン、動力供給に応じ発電する発電機、及び発電機から得られる電力にて充電されるバッテリーを搭載するハイブリッド自動車において、発電機に動力を供給する充電用モータと、要求に応じかつ車外からの電力を利用して充電用モータを駆動させる手段と、を搭載することを特徴とする。本構成においては、充電用モータが車外からの電力を利用して駆動され、これにより発電機に動力が供給され、その結果得られる発電機出力にてバッテリーが充電される。従って、充電器非搭載にもかかわらず、バッテリーの均等充電やリフレッシュ充電を実行できる。また、一般にモータにて使用されるコアの量は変圧器等にて使用されるそれよりも少ない。このように、多くのコアを内蔵する充電器が充電用モータにて置換されているため、充電器を搭載するのに必要であった大きなスペースは不要になり、また充電器重量と充電用モータ重量の差に相当する分だけ車両が軽量化される。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態に関し図面に基づき説明する。なお、各実施形態中同一の又は対応する部材には同一の符号を付し、説明を省略する。

【0008】図1に、本発明の第1実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示す。この図のハイブリッド自動車はSHVであり、車両走行用の三相交流モータ10を三相交流発電機12の発電出力及びバッテリー14の放電出力にて駆動する構成を有している。また、バッテリー

14を発電機12の発電出力及びモータ10の回生出力にて充電することが可能である。更に、図中16で表されているのは発電機12の発電出力を三相交流から直流に変換する整流器である。18で表されているのは整流器16及びバッテリー14の出力を直流から三相交流に変換するインバータであり、その電力変換動作はECU（電子制御ユニット）20にて制御される。ECU20は、図示しないアクセルペダル、ブレーキペダル等の操作に応じ、インバータ18の動作を制御することにより、モータ10から必要なトルクを出力させる。ECU20は、また、電圧センサ22及び電流センサ24によって、一般に複数のバッテリーから構成されるバッテリー14の電圧及び電流を検出し、検出した電流の積算等によってバッテリー14のSOCを求め、求めたSOCが所定の目標範囲内に維持されるよう、発電機12の発電出力を目標制御する。より具体的には、発電機12の励磁電流 I_f を制御することにより、モータ10を駆動するのに必要な電力及びバッテリー14のSOCを目標範囲内に維持するために必要な電力を、発電機12によって発電させる。

【0009】発電機12は、エンジン28によって駆動される。ECU20は、必要に応じスタータ26に指令を与え、エンジン28を運転し、このエンジン28の出力にて発電機12を駆動させる。エンジン28と発電機12の間に設けられている部材のうち、増速機30は、エンジン28から得られる比較的low回転の出力を発電機12の駆動に適する高回転の出力に変換する手段であり、かかる増速機30を設けることにより発電機12を小型化することができる。

【0010】エンジン28（又は増速機30）と発電機12の間には、更に、マグネットクラッチ32及び動力伝達機構34が設けられている。動力伝達機構34は、本発明の特徴に係りバッテリー14を充電する際に使用される単相インダクションモータ36からの動力を、発電機12に伝達するための機構である。また、マグネットクラッチ32は、増速機30と動力伝達機構34の間の機械的な連結を開閉する手段であり、その動作はECU20によって制御される。さらに、図中符号38であらわされているのはコネクタであり、車両外部の電源、例えば商用あるいは家庭用の単相100V又は200V電源とモータ36とを接続するためのコネクタであり、符号40であらわされているのはコネクタ38を介したモータ36への外部電源の供給をオン/オフするためのコネクタである。

【0011】ECU20は、車両操縦者の操作等に応じて充電開始信号CHGが与えられたときに、モータ36を利用したバッテリー14の充電を実行する。図2～図4に、ECU20の動作、特にバッテリー充電動作の概略を示す。

【0012】図2に示されるフローチャートにおいて

は、まず、充電開始信号CHGが与えられているか否かをECU20が判定する（100）。充電開始信号CHGが与えられていないときには、ECU20はマグネットクラッチ32をオンさせ、これによりエンジン28と発電機12の間の機械的な連結を形成する（101）。ECU20は、その後、従来と同様のSHV制御を実行する。この制御に関しては、本願出願人が先に提案している特開平7-95703号等を参照されたい。逆に、充電開始信号CHGが与えられている旨判定したときには（100）、ECU20はまずマグネットクラッチ32をオフさせることによりエンジン28と発電機12の間の機械的な連結を解消し（103）、同時にコンタクト40をオンさせることによりモータ36の駆動を開始する（104）。ステップ104が実行されると、発電機12はモータ36によって駆動され、この発電機12の出力端子からは励磁電流 I_f 、に応じた出力電流が得られる。ECU20は発電機12の励磁電流 I_f を制御することにより、発電機12の出力電流ひいてはバッテリー14の充電電流 I_c を目標制御する（105）。

【0013】なお、ステップ104を実行するに際してはそれ以前にコネクタ38によって外部電源が接続されていなければならない。充電開始信号CHGを車両操縦者によるマニュアル操作で与えるようなシステム構成下では、コネクタ38が接続されるのを待つステップをステップ104以前に設ける必要があるが、コネクタ38による接続に応じ充電開始信号CHGが自動的に生成されるシステム構成下では図2に示すごとくかかるコネクタ接続待ちステップは必要でない。

【0014】バッテリー14の充電電流 I_c を制御するのに際しては、ECU20は、図3に示すごとくPI制御を実行する。すなわちECU20は、バッテリー14のSOCや図4に示す多段階定電流充電シーケンスに応じて定めた充電電流指令値 I_c^* と、電流センサ24によって検出される充電電流 I_c とを比較し（105a）、その結果得られる充電電流制御誤差 $\Delta I = I_c^* - I_c$ に係る比例積分（PI）演算により（105b）励磁電流制御誤差 $\Delta I_f = k_p \Delta I + k_i \int \Delta I dt$ を求める。ECU20は、この励磁電流制御誤差 ΔI_f とそれまでの励磁電流指令値 I_f^* との加算により、新たな励磁電流指令値 I_f^* を求め（105c）、求めた励磁電流指令値 I_f^* に基づき発電機12の励磁電流 I_f を制御する。なお、かかるPI制御及び多段階定電流制御に代え、他の制御論理、手法乃至シーケンスを用いても構わない。

【0015】このように、本実施形態によれば、従来用いられていた大型かつ重量の充電器に代え、比較的小型かつ軽量のインダクションモータ36を用いてバッテリー14を充電するようにしているため、従来この充電器に占められていたスペースを他の目的に利用することが可能になり、また充電器とモータ36の重量差に相当する

分だけ車両を軽量化することができる。これは、また、充電器の廃止による車両の低価格化にもつながる。加えてモータ36にて発電機12を駆動する際、マグネットクラッチ32にてエンジン28と発電機12の間の機械的連結を解消するようにしているため、モータ36にて発電機12を駆動する際エンジン28がモータ36の負荷となることがなく、従ってモータ36として省出力のモータを利用可能になるとともに、エンジン28がモータ36の負荷になることにより生じる外部電力の大量消費を防ぐことができ、経済的な車両が得られる。また、動力伝達機構34のうちモータ36側のギアをラチェット付のギアとする等、エンジン28の回転によってはモータ36が回転しないようにすれば、クラッチ32オン時にモータ36がエンジン28の負荷となることもない。

【0016】加えて、モータ36を、エンジン28のスタータ26の代用コンポーネントとして用いることもできる。図5に、スタータ26に故障等が発生したときモータ36にてエンジン28を始動する手順を示す。この図に示すように、ECU20は、スタータ26に対しエンジン28を始動する旨の指令を与えたにもかかわらずエンジン28を始動することが出来なかったとき(201)、マグネットクラッチ32をオンさせることによりエンジン28と発電機12の間の機械的な連結を形成するとともに(202)、コンタクタ40をオンしそれによりモータ36の駆動を開始する(203)。その結果エンジン28の始動に成功したときには(204)、スタータ26による始動に成功した場合(201)と同様、通常の、例えば従来公知のSHV運転を実行する(205)。このような手順を用いることにより、スタータ26に故障等が生じた場合であっても、エンジン28を始動させることができ、従って現在の場所からスタータ26を修理できる場所まで、車両を走行させることが可能になる。

【0017】なお、モータ36にてエンジン28を始動させるためには、コネクタ38にてモータ36が外部電源に接続されていなければならない。そのため、ステップ202及び203を実行するのに先立ち、ECU20はコネクタ38が接続されるまで待つ(206)。コネクタ38が接続されたことの検出は、車両操縦者からマニュアルで供給される信号によって、あるいはコネクタ38の接続に応じ当該コネクタからECU20に与えられる信号によって、実行することができる。更に、モータ36によるエンジン28の始動を実行するには、車両操縦者等によるコネクタ38の接続操作が必要であり、また、スタータ26に故障等が発生している可能性があることを車両操縦者等に知らしめる必要があるため、ステップ201にてエンジン28の始動不成功と判定されたときには、ECU20から車両操縦者等に対しその旨の情報を供給するのが好ましい。さらに、ステップ20

4においてエンジン28の始動に不成功であったことが判明したときには、図示しないフェイル処理に移行する。

【0018】図6に、本発明の第2実施形態に係るハイブリッド車の構成を示す。この実施形態も第1実施形態と同様SHVに係る実施形態である。第1実施形態とこの実施形態の相違点は、第1実施形態ではマグネットクラッチ32が設けられていたのに対し、この実施例では設けられていないことである。また、仮に第1実施形態中のマグネットクラッチ32を単純に廃止したのみだとモータ36による発電機12の駆動時にエンジン28がモータ36の負荷となってしまうが、この実施形態では、これを避けるべくバルブ駆動アクチュエータ42によるエンジン28のバルブの制御が行われている。すなわち、ECU20は、図2でいえばステップ103に相当するステップにて、バルブ駆動アクチュエータ42に対しデコンプ指令を与え、エンジン28をデコンプさせる。これにより、エンジン28のポンピングロスが低減されることとなり、その結果、モータ36のひきずり負荷(すなわちエンジン28が原因となったモータ36にとっての負荷)が小さくなる。このようにすると、マグネットクラッチ32なしでも、第1実施形態と同様又は類似した効果を得ることが可能になる。

【0019】図7に、本発明の第3実施形態におけるモータ36及び発電機12の構造を示す。この実施形態においては、共通の筐体44の内部に発電機12とモータ36とが収納されている。更に、動力伝達機構34は廃止されており、モータ36と発電機12とが同一の軸上に設けられている。このような構成においては、第1又は第2実施形態と同様の作用効果を、第1又は第2実施形態に比べコンパクトな構成にて実現することができる。なお、図7中モータ36と発電機12の間に増速機又は減速機を設けることにより、モータ36の部分と発電機12の部分とを異なる回転数特性にて実現することが可能になる。

【0020】図8に、本発明の第4実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示す。この実施形態も前述の第1又は第2実施形態と同様SHVに係る実施形態である。この実施形態においては、第1又は第2実施形態における動力伝達機構34やマグネットクラッチ32に代え、差動分配機構(例えばディファレンシャルギア)46並びに制動機構48及び50を設けた構成を有している。差動分配機構46は2本の入力軸及び1本の出力軸を有しており、入力軸はエンジン28及びモータ36に、また出力軸は発電機12に、それぞれ機械的に連結されている。制動機構48及び50は、差動分配機構46の2本の入力軸それぞれに対応して設けられており、対応する軸の回転をECU20からの指令に応じて制止する機能を有している。差動分配機構46は、制動機構48によってエンジン28側の入力軸が制止されている

ときにはモータ36の出力が発電機12に分配され、また制動機構50によってモータ36側の入力軸が制止されているときにはエンジン28の出力が発電機12に分配されるよう構成されている。

【0021】従って、本実施形態においては、図2中のステップ103に相当するステップにて制動機構48を動作させ、また図2中のステップ101及び図5中のステップ202に相当するステップにて制動機構50を動作させることにより、第1実施形態等と同様の効果を実現することができる。なお、この実施形態に関しても、第2実施形態等と同様の変形が可能である。

【0022】図9に、本発明の第5実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示す。この実施形態はPHV(Parallel Hybrid Vehicle)に係る実施形態であり、エンジン28が発生させた動力を電気への変換を介さずに車輪に伝達しつつ、発電機12を適宜モータ又は発電機として利用してエンジン28をアシストする構成を有している。図中のインバータ16Aは、発電機12を発電機として動作させるときには整流機として、モータとして動作させるときには本来のインバータとして、それぞれ動作する。更に、本発明の特徴に係るバッテリー14充電用のモータ36は発電機12と同様エンジン28の軸上に設けられている。加えて、この実施形態では、発電機12から見て車輪側に第2のマグネットクラッチ52が設けられている。

【0023】このように、本発明は、SHVに限定すべきものではなく、より一般に、エンジン28や発電機12と車輪との機械的な連結が形成されないあるいは形成されていない状態が生成され得る車両に、適用することができる。図9の実施形態の場合、エンジン28や発電機12と車輪とが連結されていない状態を、ECU20によりオン/オフされるマグネットクラッチ52にて実現している。更に、この実施形態の場合、第3実施形態と同様、図7のごとくモータ36と発電機12とを一体化することができる。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、発電機に動力を供給する充電用モータを搭載し、要求に応じかつ車外からの電力を利用して充電用モータを駆動させるようにしたため、充電用モータにて発電機を駆動しバッテリーを充電することができ、従って、充電器非搭載にもかかわらずバッテリーの均等充電やリフレッシュ充電を実行できる。また、従来充電器を搭載するのに必要であった大きなスペースは不要になり、また充電器重量と充電用モータ重量の差に相当する分だけ車両を軽量化できる。

【0025】

【補遺】なお、本発明は、要求に応じ充電用モータからエンジンに動力を供給させる手段を備える構成としても、把握できる。本構成においては、エンジンのスター

タが故障しているときでも、充電用モータを駆動可能な外部電源が付近にあれば、エンジンを始動できる。また、本発明は、充電用モータを発電機と同一筐体内に組み込んだ構成としても、把握できる。本構成においては、充電用モータを発電機内に組み込んでいるため、小形な装置を実現できる。本発明は、また、エンジンから発電機への動力伝達を要求に応じ禁止するエンジン切離し機構(例えばクラッチ)を備える構成としても、把握できる。本構成においては、エンジン切離し機構にてエンジンから発電機への動力伝達を禁止し、その上で充電用モータを駆動することにより、エンジンが充電用モータの引き摺り負荷となることを防止できる。本発明は、あるいは、エンジンにおけるボンピングロスを要求に応じ低減する手段(例えばデコンプ可能な弁制御機構乃至手段)を備える構成としても、把握できる。本構成においては、エンジンのボンピングロスが低減された状態で充電用モータを駆動することにより、エンジンが充電用モータの顕著な引き摺り負荷となることを防止できる。更に、クラッチ等のエンジン切離し機構が不要である。本発明は、あるいは、エンジンからの動力が発電機に伝達する一方充電用モータには伝達せずかつ充電用モータからの動力が発電機に伝達する一方エンジンには伝達しないよう、動力伝達方向を規制する機構(例えばラチェット付きのギア)を備える構成としても、把握できる。本構成においては、エンジンの動力を発電機に供給しているときに、充電用モータがエンジンの負荷とならない。従って、充電用モータを発電機及びエンジン双方から切り離す機構は不要である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示すブロック図である。

【図2】 この実施形態におけるECUの動作手順を示すフローチャートである。

【図3】 発電機の励磁電流を制御する手法を示すブロック図である。

【図4】 バッテリーの多段階定電流充電シーケンスを示すタイミングチャートであり、図中I₁、～I_n、及びT₁、～T_n、はそれぞれ充電電流及び充電時間を示す。

【図5】 この実施形態におけるECUの動作手順のうちスタータ故障時のエンジン始動手順を示すフローチャートである。

【図6】 本発明の第2実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示すブロック図である。

【図7】 本発明の第3実施形態におけるモータ及び発電機の一体化構造を示す概略断面図である。

【図8】 本発明の第4実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示すブロック図である。

【図9】 本発明の第5実施形態に係るハイブリッド自動車の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

* タクタ、42 パルプ駆動アクチュエータ、44 筐体、46 差動分配機構、48、50 制動機構。

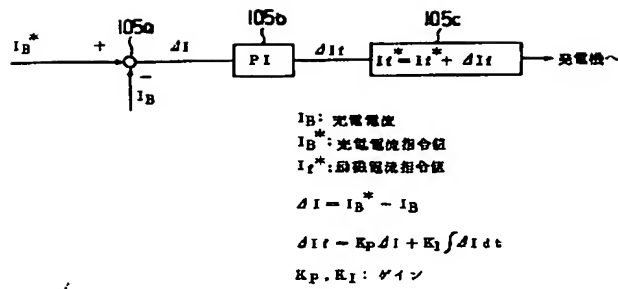
[illegible]

```
graph TD; Start([初め]) -- 100 --> CHG{CHG}; CHG -- 有り --> 103[103 マグネットクラッチをOFF]; CHG -- 無し --> 101[101 マグネットクラッチをON]; 103 --> 104[104 インダクションモードを駆動]; 104 --> 105[105 発電機の If を制御]; 101 --> 102[102 通常の SHV 制御]; 105 --> End([終わり]); 102 --> End;
```

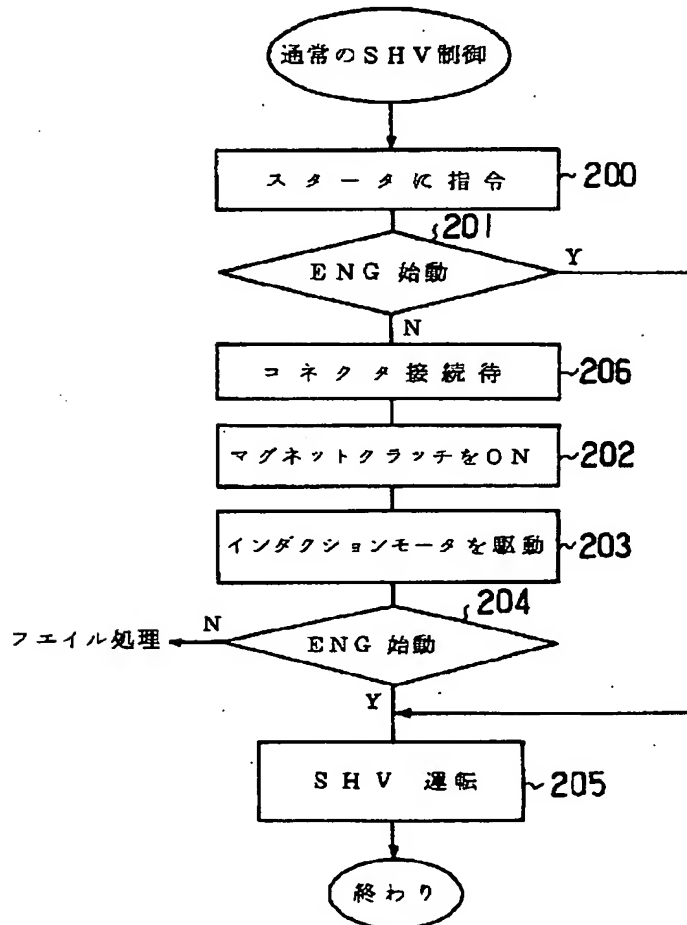
The flowchart illustrates the control sequence for the generator. It begins with an oval labeled "初め" (Start). A line labeled "100" leads to a decision diamond labeled "CHG". From the diamond, two paths emerge: one labeled "有り" (Present) leading to a rectangular box labeled "103 マグネットクラッチをOFF" (103 Magnet clutch OFF), and another labeled "無し" (Absent) leading to a rectangular box labeled "101 マグネットクラッチをON" (101 Magnet clutch ON). From box 103, the flow proceeds to box "104 インダクションモードを駆動" (104 Induction mode drive), which then leads to box "105 発電機の If を制御" (105 Control generator If). From box 101, the flow proceeds to box "102 通常の SHV 制御" (102 Normal SHV control). Both box 105 and box 102 lead to a final oval labeled "終わり" (End).

Figure 1 is a graph showing the relationship between current I and time t . The current starts at I_1 and decreases in steps at times $T_1, T_2, T_3,$ and T_4 . The current levels are labeled $I_1, I_2, I_3,$ and I_4 . The current I_2 is labeled as I_B^* (or $1.2 I_B$).

【図3】



【図5】



【圖9】·



【図8】

